

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①1 DE 3339076 A1

②1 Aktenzeichen: P 33 39 076.2
②2 Anmeldetag: 28. 10. 83
②3 Offenlegungstag: 3. 5. 84

⑤ Int. Cl. 3:
G02B 5/08
H 01 S 3/04

DE 3339076 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
01.11.82 IL 67142

⑦1 Anmelder:
Metalworking Lasers International Ltd., Neve
Sharett, IL

⑦4 Vertreter:
Renz, G., Dr., Rechtsanwalt, 7000 Stuttgart

⑦2 Erfinder:
Hoag, Ethan D., East Boston, Mass., US; Ravid,
Amotz, Ramat-Gan, IL

Behördeneigentum

⑤4 Gekühlter Spiegel, insbesondere für Laser

Ein gekühlter Spiegel, insbesondere für den Gebrauch mit einem Laser, wird durch eine Kühlflüssigkeit beaufschlagt, die durch eine Mehrzahl von parallel angeordneten Kanälen fließt und dabei die Unterseite der Reflektorfläche an einer Mehrzahl von einzelnen Punkten beaufschlagt. Die Geschwindigkeit der Kühlflüssigkeit wird im Moment dieser Beaufschlagung soweit erhöht, daß sie in Form eines Flüssigkeitsstrahles auf die Rückseite der Reflektorfläche auftrifft. Diese ist vergleichsweise dünn und flexibel und wird mittels einer Mehrzahl von in Abstand zueinander angeordneten Tragelementen mittels eines starren Grundkörpers so abgestützt, daß eine thermisch bedingte Deformation der Reflektorfläche weitgehend vermindert bzw. verhindert wird.

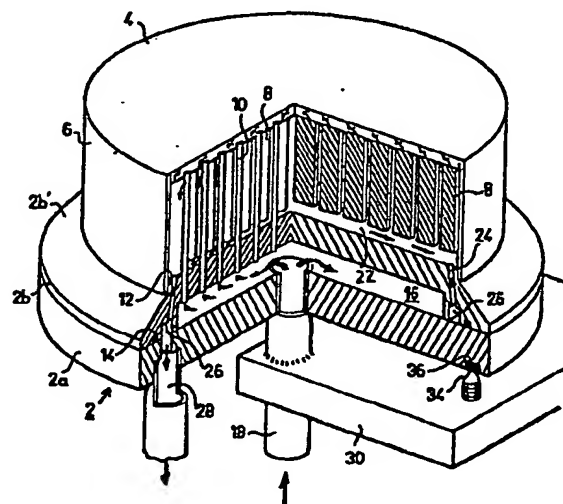


FIG.1

ORIGINAL INSPECTED

COPY

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Gekühlter Spiegel, insbesondere zur Verwendung bei Lasern, mit einer Reflektorfläche, einem starren Grundkörper, einer Mehrzahl von im Abstand voneinander angeordneten Tragelementen, die einerseits an der Unterseite der Reflektorfläche und andererseits am Grundkörper befestigt sind, um die Reflektorfläche abzustützen und eine thermisch bedingte Verformung derselben zu vermindern, sowie mit Kühlmitteln zur Kühlung der Reflektorfläche, dadurch gekennzeichnet, dass diese Kühlmittel einen Einlass für eine Kühlflüssigkeit, einen Auslass für die Kühlflüssigkeit sowie Kühlmittelkanäle umfassen, welche die Kühlflüssigkeit innerhalb einer Mehrzahl von parallel angeordneten Kanälen zwischen dem Einlass und dem Auslass so leiten, dass die Kühlflüssigkeit an einer Mehrzahl von getrennten Punkten auf die Rückseite der Reflektorfläche auftrifft.

2. Gekühlter Spiegel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlmittel-Kanäle die Geschwindigkeit des Kühlmittelstromes in jedem dieser parallelen Zweigen soweit erhöhen, dass einzelne Kühlmittel-Strahlen gebildet werden, die an einer Mehrzahl von einzelnen Punkten auf die Rückseite der Reflektorfläche auftreffen.

3. Gekühlter Spiegel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass pro Quadratzentimeter der Rückseite der Reflektorfläche eine Mehrzahl von Kühlmittelkanälen und einzelnen Auftreffpunkten für

BAD ORIGINAL

COPY

das Kühlmittel vorgesehen ist.

4. Gekühlter Spiegel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlmittelzweige durch Kanäle gebildet sind, die durch diese Mehrzahl von im Abstand zueinander angeordneten Stützelementen gebildet sind, wobei letztere die Form von hohlen Rohren aufweisen, welche im Bereich ihres der Reflektorfläche zugewandten Endes mit Öffnungen in ihren Wänden versehen sind.

5. Gekühlter Spiegel nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Mehrzahl von wärmeleitenden Stäben, welche an der Unterseite der Reflektorfläche befestigt sind und welche sich in die Zwischenräume zwischen den Tragelementen erstrecken.

6. Gekühlter Spiegel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper einen Teil umfasst, der auf der einen Seite eine Einlasskammer für die Kühlflüssigkeit und auf der anderen Seite eine Auslasskammer für die Kühlflüssigkeit bildet.

7. Gekühlter Spiegel nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die im Abstand zueinander angeordneten Tragelemente durch hohle Rohre gebildet sind, die Kanäle für die Kühlflüssigkeit bilden und die mit dem genannten Teil im Grundkörper in Verbindung stehen.

8. Gekühlter Spiegel nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die im Abstand zueinander angeordneten Tragelemente durch Stäbe gebildet sind, die am Grundkörper befestigt sind und durch

Öffnungen im genannten Teil hindurchtreten, wobei diese Öffnungen geringfügig grösseren Querschnitt besitzen als die Stäbe, sodass dazwischen Durchlässe für die Kühlflüssigkeit gebildet sind, durch welche diese in Form von ringförmigen, auf hohe Geschwindigkeit beschleunigten Strahlen hindurchtreten und an einer Mehrzahl von einzelnen Punkten auf die Rückseite der Reflektorfläche auftreffen.

9. Gekühlter Spiegel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass diese Mehrzahl von Tragelementen die Form von Stäben besitzt, die einstückig mit dem Grundkörper ausgebildet sind.

~~BAD ORIGINAL~~

Gekühlter Spiegel, insbesondere für Laser

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen gekühlten Spiegel, insbesondere einen Spiegel für Laser, wie er z.B. in der USA-PS Nr. 3,942,880 beschrieben worden ist. Im folgenden wird als Ausführungsbeispiel ein gekühlter Spiegel für Laseranwendungen beschrieben, da es sich dabei um ein bevorzugtes Anwendungsgebiet handelt.

Insbesondere für die Metallbearbeitung, aber auch für andere, industrielle Anwendungen werden vermehrt Laser mit hoher Ausgangsleistung eingesetzt. Die Kühlung der Spiegel solcher Hochleistungs-Laser stellt insofern ein Problem dar, als 1-2 % der Laserleistung in jedem Spiegel in Wärme umgesetzt wird; dies schlägt sich auch in der Grösse des Lasers nieder. Als Beispiel sei erwähnt, dass ein Laser mit einer Ausgangsleistung von 10 kW bei jedem Spiegel 100-200 W als Wärmeenergie abstrahlen muss. Diese Tatsache erzeugt ernsthafte Probleme, insbesondere inbezug auf die thermische Deformation der Spiegel, da diese im Interesse einer einwandfreien Funktion des Lasers so klein wie möglich gehalten werden muss.

Die USA-PS Nr. 3,942,880 beschreibt einen gekühlten Spiegel für Anwendungen in einem Laser, der sich speziell mit diesem Problem auseinandersetzt. Der in dieser Patentschrift beschriebene Laser umfasst eine als Reflektor dienende Oberfläche, einen Grundkörper

sowie eine Mehrzahl von im Abstand zueinander angeordneten, vergleichsweise dünnen Tragelementen, welche die reflektierende Oberfläche des Spiegels so mit dem Grundkörper verbinden, dass eine ausgeprägte Widerstandsfähigkeit gegen thermische Deformation und damit gegen eine Verformung der Spiegeloberfläche gegeben ist. Mit anderen Worten heisst das, dass die dünnen Tragelemente, die sich senkrecht zur Reflektoroberfläche erstrecken, bewirken, dass die durch die thermische Ausdehnung bewirkte Deformation in Richtung der Ebene der Reflektoroberfläche erfolgt, d.h., senkrecht zum Verlauf der Achsen der Tragelemente. Auf diese Weise kann eine axiale, thermische Deformation der schlanken Tragelemente und damit eine Krümmung der Reflektoroberfläche vermieden werden. Das zuvor erwähnte Patent beschreibt diese dünnen Tragelemente als Stangen oder Drähte. Weiter wird in diesem Patent offenbart, dass wärmeleitfähige Stangen vorgesehen sind, die sich im Abstand zwischen den Tragelemente erstrecken, sowie Mittel zur Zufuhr einer Kühlflüssigkeit, z.B. Wasser, die im Zwischenraum zwischen den Tragstangen und den wärmeleitenden Stangen zirkuliert.

Die Menge der Wärme, die gemäss dem Vorschlag des erwähnten Patenten abgeführt werden kann, ist sehr beschränkt, selbst wenn eine Kühlflüssigkeit verwendet wird; dies darum, weil die Fließeigenschaften des kühlenden Medium in der Praxis nicht optimal gestaltet werden können. Dazu kommt, dass die durch ein solches Kühlmedium bewirkte Kühlung nicht gleichmässig ist, so dass unter Wirkung der Erwärmung trotzdem eine Verformung auftreten kann, insbesondere bei Hochleistungs-Lasern. Schliesslich soll erwähnt

werden, dass bei vielen kürzlich in Gebrauch gestellten Hochleistungs-Lasern der Laserstrahl inbezug auf seinen Querschnitt nicht gleichmässig, d.h. nicht kreisförmig ist; dies schlägt sich in einer ungleichmässigen Verteilung der vom Spiegel zu absorbierenden Wärme aus. Dadurch ergibt sich eine vermehrte Deformation des Spiegels aufgrund der ungleichmässigen Wärmeverteilung.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen gekühlten Spiegel mit einem Aufbau vorzuschlagen, der ähnlich ist wie derjenige in der USA-PS Nr. 3,942,880, der aber in einem weit höheren Masse befähigt ist, die vom Spiegel absorbierte Energie abzuführen, mit dem Resultat, dass die durch die thermische Expansion des Spiegels bedingte Deformation im Sinne einer Krümmungsveränderung wesentlich reduziert wird. Ein solcher Spiegel ist daher insbesondere für die Verwendung mit Hochleistungs-Lasern geeignet.

Die erfindungsgemässe Aufgabe wird durch einen Spiegel gelöst, der die im Patentanspruch 1 definierten Merkmale aufweist. Besondere Ausführungsformen des erfindungsgemässen Spiegels sind in den abhängigen Ansprüchen 2-9 definiert.

Mit den erfindungsgemässen Merkmalen kann erreicht werden, dass die Geschwindigkeit der Kühlflüssigkeit in jedem der parallel verlaufenden Kühlflüssigkeits-Kanäle soweit erhöht wird, dass an einer Mehrzahl von Stellen innerhalb der Unterseite des Reflektors Flüssigkeitsstrahlen auftreffen, die eine hohe Geschwindigkeit besitzen und dabei eine gleichmässige und wirkungsvolle

Kühlung des Spiegels gewährleisten.

Die erfindungsgemässe Konstruktion bewirkt eine äusserst wirksame Kühlung des Spiegels, sodass im wesentlichen jegliche durch thermische Expansion bedingte, unerwünschte Krümmung der Spiegelfläche vermieden wird. Dadurch dass die Kühlung parallel bei einer Vielzahl von einzelnen Punkten am Spiegel vorgenommen wird, ist sichergestellt, dass die Kühlung gleichmässig erfolgt, sodass eine Verkrümmung der Reflektorfläche des Spiegels ausgeschlossen ist. Ein weiterer Gesichtspunkt ist darin zu erblicken, dass nach dem erfindungsgemässen Vorschlag eine vergrösserte Oberfläche für die Kühlflüssigkeit zur Verfügung steht, was sich in einer verlängerten Berührungs-Zeitdauer der Kühlflüssigkeit mit dem Spiegel niederschlägt und somit eine verringerte Durchflussrate der Kühlflüssigkeit erfordert. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der verringerte Durchsatz und die Anordnung von parallelen Kanälen für die Durchleitung der Kühlflüssigkeit einen geringeren Druckabfall in derselben bewirkt.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele des erfindungsgemässen Spiegels, unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnung, näher beschrieben. Im einzelnen zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispieles des erfindungsgemässen Spiegels, welcher teilweise aufgeschnitten dargestellt ist, um seinen inneren Aufbau zu zeigen,

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht der gegenüberliegenden Seite des Spiegels gemäss Figur 1,

Fig. 3 einen vergrösserten Teilschnitt durch den Spiegel gemäss Figuren 1 und 2, aus dem konstruktive Einzelheiten ersichtlich sind,

Fig. 4 einen Schnitt entlang der Linie IV-IV in Figur 3,

Fig. 5 + 6 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Spiegels, und

Fig. 7 ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Spiegels.

Ausführungsbeispiel gemäss Figuren 1-4

Der gekühlte Spiegel, wie er in den Figuren 1-4 dargestellt ist, besitzt grundsätzlich denselben Aufbau wie er im USA-Patent Nr. 3,942,880 beschrieben worden ist. Generell umfasst er einen starren, allgemein mit 2 bezeichneten Grundkörper, der auf einer Seite angeordnet ist, eine mit einer reflektierenden Fläche 4 versehene Reflektoreinheit, die gegenüber dem Grundkörper 2 liegt, sowie eine zylindrische Wand 6, die die reflektierende Fläche 4 mit dem Grundkörper 2 verbindet.

Der Grundkörper 2 ist relativ dick und von hoher Stabilität; er kann beispielsweise aus rostfreiem Stahl oder aus Bronze herge-

stellt sein. Die Reflektorfläche 4 hingegen ist dünn und damit relativ flexibel; sie kann z.B. aus Kupfer oder aus Molybdän bestehen. Die zylindrische Wand 6 schliesslich ist ebenfalls dünn und damit relativ flexibel; sie kann ebenso aus dem gleichen Material wie der Grundkörper 2 hergestellt sein, beispielsweise aus rostfreiem Stahl oder aus Bronze.

Von der inneren Oberfläche der Reflektionsfläche 4 aus erstreckt sich eine Mehrzahl von im Abstand zueinander angeordneten, wärmeleitfähigen Stäben 8, die z.B. aus Kupfer bestehen. In den Zwischenräumen zwischen den Stäben 8 ist eine Mehrzahl von im Abstand zueinander angeordneten, parallelen, dünnen Tragelementen 10 vorgesehen, welche mit der inneren Oberfläche der Reflektorfläche 4 einerseits und mit der inneren Oberfläche des Grundkörpers 2 andererseits verbunden sind. Auf diese Weise wird eine Verformung der Reflektorfläche 4 weitgehend reduziert oder verhindert. Andererseits erlauben die dünnen Tragelemente 10 eine thermische Expansion der Reflektionsfläche 4 des Spiegels in Richtung dessen Oberfläche (d.h., rechtwinklig zu den Achsen der Tragelemente 10); gleichzeitig wird eine thermisch bedingte Deformation der Reflektorfläche des Spiegels in axialer Richtung (d.h. parallel zu den Achsen der Tragelemente 10) weitgehend vermindert bzw. verunmöglicht.

Im Gegensatz zur Konstruktion des Spiegels gemäss dem USA-Patent Nr. 3,942,880 bestehen diese dünnen Tragelemente 10 nicht aus Stangen oder Drähten, sondern besitzen die Form von hohlen Kapillar-Röhren, durch deren Inneres eine Kühlflüssigkeit zirkuliert.

Der Rückfluss der Kühlflüssigkeit erfolgt entlang der Oberfläche dieser Kapillar-Röhren, zwischen den Aussenflächen der als Wärmeleiter dienenden Zylinder 8 hindurch. Im weiteren ist der Aufbau des Grundkörpers 2 des in den Zeichnungen dargestellten Spiegels gegenüber der Ausführung des erwähnten USA-Patentes verschieden, wie im folgenden noch eingehender erläutert werden wird.

Wie insbesondere aus der teilweisen geschnittenen Darstellung nach Figur 1 zu entnehmen ist, besteht der starre Grundkörper 2 aus zwei Teilen, nämlich einem äusseren Teil 2a, der der Reflektionsfläche 4 abgewandt ist, und einem inneren Teil 2b, der zwischen dem äusseren Teil 2a und der Reflektorfläche 4 angeordnet ist. Der äussere Teil 2a besitzt zylindrische Gestalt; auch der innere Teil 2b weist ähnliche, zylindrische Gestalt auf, mit der Ausnahme, dass sein inneres Ende (oben in Figur 1) gegen Innen konisch verjüngt ist, wie es in Figur 1 mit 2b' bezeichnet ist.

Das letztgenannte Ende des Grundkörperteils 2b umfasst eine ringförmige Schulter 12 zur Aufnahme des zugeordneten Endes der zylindrischen Seitenwand 6. Diese ist auf irgendeine geeignete Art und Weise, z.B. durch Löten oder Schweissen, mit dem Grundkörperteil 2b verbunden; das entgegengesetzte Ende der Seitenwand 6 hingegen ist mit der kreisförmig ausgebildeten Reflektorfläche 4 verbunden. Die beiden Grundkörperteile 2a und 2b sind auf irgendeine geeignete Art und Weise aneinander befestigt, vorzugsweise mit Hilfe von lösbaren Verbindungselementen 13 (Figur 2). Dazwischengefügt ist ein Dichtungsring 14, welcher dafür sorgt, dass die innerhalb dieser Anordnung zirkulierende Kühlflüssigkeit

nicht austreten kann.

Diejenige Seite des Grundkörperteils 2b, die dem Grundkörperteil 2a zugewandt ist, besitzt eine zylindrische Vertiefung, welche eine Kammer 16 begrenzt, wenn die beiden Grundkörperteile aneinander befestigt sind. Diese Kammer 16 wird mittels eines Einlassrohres 18, das sich durch das Zentrum des Grundkörperteils 2a erstreckt, mit Kühlflüssigkeit versorgt. Die vorher erwähnte Mehrzahl von Kapillar-Rohren 10 erstreckt sich durch Öffnungen, die im Grundkörperteil 2b ausgebildet sind, sodass diese Kapillar-Rohre mit der Einlasskammer 16 für die Kühlflüssigkeit kommunizieren. All diese Kapillar-Rohre sind dichtend mit dem Grundkörperteil 2b verbunden, sodass die Kühlflüssigkeit von der Einlasskammer 16 durch das Innere der Kapillar-Rohre zu ihren oberen Enden strömen kann, d.h. zu denjenigen Enden, die im Bereich der Reflektorfläche 4 liegen.

Insbesondere aus der Figur 3 ist ersichtlich, dass die oberen Enden der Kapillar-Rohre 10 mit einer Mehrzahl von Öffnungen 18 versehen sind, die in der Wand der Rohre, im Bereich der Reflektorfläche 4, ausgebildet sind, sodass die Kühlflüssigkeit aus dem Innern der Rohre 10 zu deren Aussenseite gelangen kann. Der Rücklauf der Kühlflüssigkeit erfolgt durch Zwischenräume 20 zwischen den Kapillar-Rohren 10 und den wärmeleitenden Stäben 8. Die Kapillar-Rohre 10 sind so dimensioniert, dass sie die Reflektorfläche 4 abstützen, während die wärmeleitenden Stäbe 8 so bemessen sind, dass deren innere Flächen von der Oberfläche des Grundkörperteiles 2b beabstandet sind; dadurch ist eine Auslasskammer

22 gebildet, in welche die von den Zwischenräumen 20 kommende Kühlflüssigkeit gelangt. Der Grundkörperenteil 2b umfasst ferner eine Mehrzahl von ringförmig angeordneten Öffnungen 24, die sich durch ihn hindurch erstrecken und die zu einer ringförmigen Nut 26 führen, in welcher die von der äusseren Kammer 22 her kommende Kühlflüssigkeit aufgefangen und zu einem Auslassrohr 28 geleitet wird, welche letzteres sich durch den äusseren Grundkörperenteil 2a erstreckt.

Aus den Figuren 3 und 4 geht hervor, dass die wärmeleitenden Stäbe 8 zylindrische Form besitzen und gegeneinander so ausgerichtet sind, dass sich jeweils ein Kapillar-Rohr 10 in gleichmässigem Abstand zwischen vier solchen Stäben hindurch erstreckt. Ein jedes der Kapillar-Rohre 10 besitzt vier Öffnungen 18; jede Öffnung ist einem Stab 8 zugeordnet und diesem gegenüberliegend angebracht. Insbesondere aus Figur 4 geht hervor, dass jede Öffnung 18 in der Wand des Kapillar-Rohres 10 einen bedeutend geringeren Durchmesser besitzt als der Innendurchmesser des Kapillar-Rohres. Selbst die Summe der Querschnitte aller vier Auslassöffnungen 18 eines Kapillar-Rohres 10 ist geringer als der lichte Querschnitt der Innenseite des Kapillar-Rohres. Dadurch wird erreicht, dass die im Inneren der Kapillar-Rohre strömende Flüssigkeit beim Austreten durch die Öffnungen 18 beschleunigt wird und in Form eines Hochgeschwindigkeits-Flüssigkeitsstrahles austritt, was die wirkungsvolle Kühlung der Reflektorfläche 4 begünstigt.

Wie insbesondere aus den Figuren 1 und 2 ersichtlich ist, umfasst

der Spiegel ferner einen Befestigungsblock 30, der im wesentlichen quadratische Gestalt besitzt und an dem, im Bereich einer Ecke, das Einlassrohr 18 für die Kühlflüssigkeit befestigt ist. Auf diese Weise bedeckt der Befestigungsblock 30 ungefähr einen Viertel der Spiegel-Rückseite. Der Block 30 umfasst ferner eine Mehrzahl von Befestigungslöchern 32, damit er, und mit ihm der Spiegel, an einem geeigneten Rahmen, z.B. an den optischen Tragrahmen des Lasers befestigt werden kann. Zusätzlich ist der Block 30 mit zwei Einstellschrauben 34 versehen, welche diesen durchdringen und welche gegen die Aussenfläche des Grundkörperteiles 2a aufliegen. Zweckmässigerweise ist die besagte Aussenfläche mit gehärteten Einsätzen 36 versehen, gegen welche die Spitzen der Einstellschrauben 34 aufliegen. Wie insbesondere aus der Figur 2 zu sehen ist, sind die Einstellschrauben 34 entlang von Linien angeordnet, die das Einlassrohr 18, an welchem der Block 30 befestigt ist, rechtwinklig schneiden; so kann eine Einstellung des Blockes und damit des Spiegels in zwei Achsen erfolgen, indem die Einstellschrauben 34 mehr oder weniger in den Block 30 hineingeschraubt werden.

Die Funktionsweise des in den Figuren 1 bis 4 dargestellten, gekühlten Spiegels geht an sich klar aus der vorstehenden Beschreibung hervor. Wenn also die Reflektorfläche 4 des Spiegels dazu benützt wird, einen Laserstrahl oder einen anderen, energiereichen Strahl zu reflektieren, heizt sich der Spiegel auf, da eine beträchtliche Menge von Energie absorbiert. Dies führt dazu dass der Spiegel die Tendenz hat, sich zu deformieren. Mit der erfindungsgemässen Anordnung aber kann die von der Reflektorflä-

che 4 des Spiegels absorbierte Wärmeenergie dadurch wirksam abgeführt werden, dass eine Kühlflüssigkeit, wie z.B. Wasser durch das Einlassrohr 18 in die Einlasskammer 16 eingeführt wird. Von dieser Kammer 16 gelangt die Kühlflüssigkeit im parallelen Fluss durch das Innere aller Kapillar-Rohre 10 zu deren im Bereich der Reflektorfläche 4 liegenden Enden, wo sie durch die im Bereich dieser Enden angeordneten Öffnungen 18 aus den Kapillar-Rohren austritt. Der austretende Flüssigkeitsstrahl gelangt dann in die Zwischenräume 20 zwischen den Kapillar-Rohren und den wärmeleitenden Stäben 8 zur Auslasskammer 22 von dort durch die Öffnungen 24 zum Sammelraum 26 und schliesslich zum Auslassrohr 28.

Aus den vorstehenden Ausführungen kann entnommen werden, dass die beschriebene Anordnung die Kühlung der Reflektorfläche 4 des Spiegels an einer Mehrzahl von einzelnen Punkten in paralleler Betriebsweise vornimmt, sodass die Möglichkeit einer ungleichmässigen Abkühlung der Reflektorfläche 4 nahezu ausgeschlossen ist, die zu einer thermischen Verformung derselben führen könnte. Dazu kommt, dass die Kapillar-Rohre 10 vergleichsweise lange, parallel verlaufene Kanäle mit ausgesprochen wirksamen Wärmeaustauschoberflächen zur Verfügung stellen, sodass eine ausgedehnte Zeitdauer für den Wärmeaustausch zwischen der Kühlflüssigkeit und den zu kühlenden Oberflächen zur Verfügung steht. Dies ermöglicht eine sehr wirksame Kühlung bei gleichzeitig relativ geringer Durchsatzmenge der Kühlflüssigkeit. Weiter ist zu erwähnen, dass ein beträchtlich geringerer Druckabfall in der Kühlflüssigkeit gewährleistet werden kann, da alle Kühlflüssigkeits-Kanäle in paralleler Anordnung vorgesehen sind. Somit ist die Möglichkeit

gegeben, vergleichsweise leistungsschwache Pumpen für die Zirkulation der Kühlflüssigkeit zu verwenden. Da die Kühlflüssigkeit in Form von Strahlen mit hoher Geschwindigkeit aus den Öffnungen 18 austritt, und zwar sehr nahe bei der rückwärtigen Oberfläche der Reflektorfläche 4, innerhalb welcher der Hauptanteil der Wärme anfällt, lässt sich eine Art von Staudruck-Kühlung erzielen, indem die auf die Oberfläche der Reflektorfläche 4 auftreffenden Kühlflüssigkeits-Strahlen eine Verstärkung des Kühleffektes bewirken.

Bei einem praktischen Ausführungsbeispiel besass die Reflektorfläche 4 des gekühlten Spiegels einen äusseren Durchmesser von ca. 10 cm, wobei ungefähr 1000 Kapillar-Rohre 10 zur Befestigung des Spiegels am Grundkörper 2 vorgesehen waren. Jedes Kapillar-Rohr 10 besass einen Innendurchmesser von 0,25-1,0 mm und eine Wanddicke von 0,1 - 0,5 mm. Besonders gute Resultate wurden mit Kapillar-Rohren erzielt, die einen Durchmesser von 0,75 mm und eine Wanddicke von 0,125 mm besaßen, was einen Aussendurchmesser von 1,0 mm ergibt. Die Kapillar-Rohre können je eine Länge von 15 - 20 mm aufweisen. Eine solche Anordnung gewährleistet, dass ungefähr 12 - 13 Kapillar-Rohre pro cm² der Reflektorfläche vorgesehen sind, um diese zu kühlen; ein jedes Kapillar-Rohr bildet dabei einen Zweig eines parallelen Fliesssystems, durch welches die Kühlflüssigkeit zirkuliert und so die Rückseite der Reflektorfläche wirksam kühlt.

Ausführungsbeispiel gemäss Figuren 5 und 6

Die Ausführung gemäss den Figuren 5 und 6 umfasst ebenfalls einen Spiegel, der einen starren Grundkörper 102 und ein dünnes Reflektorelement 104 besitzt, an dessen Rückseite eine Mehrzahl vom im Abstand zueinander angeordneten parallelen Tragelementen 110 befestigt ist. Diese haben ebenfalls die Aufgabe, die Reflektorfläche 104 so abzustützen, dass eine Verformung unter thermischer Einwirkung weitgehend reduziert oder verhindert wird. Bei diesem Ausführungsbeispiel hingegen besitzen die Tragelemente 110 die Form von vollflächigen Stangen. Ausserdem sind keine wärmeleitenden Stäbe (entsprechend den Stäben 8 in den Figuren 1 bis 4) vorgesehen.

Bei diesem Ausführungsbeispiel besitzt der Grundkörper 102 einen inneren Teil 102b, welche das Innere des Spiegels in eine Einlasskammer 116 und eine Auslasskammer 122 unterteilt. Die Einlasskammer 116 steht mit einem Einlassrohr 118 für eine Kühlflüssigkeit, z.B. Wasser, in Verbindung, während die Auslasskammer 122 mit einem Auslassrohr 128 versehen ist. Entsprechend der Ausführung gemäss Figuren 1 bis 4 fliesst die Kühlflüssigkeit in parallelen Bahnen und trifft bei einer Mehrzahl von einzelnen Stellen auf die Unterseite der Reflektorfläche 104 auf. Zu diesem Zweck besitzt der Teil 102b des Grundkörpers 102 Öffnungen 123, die einen geringfügig geringeren Durchmesser besitzen als der Aussendurchmesser der Stäbe 110, sodass die Kühlflüssigkeit durch den Zwischenraum zwischen den Stäben 110 und dem Teil 102b des Grundkörpers 102 hindurchfliessen kann. Die Breite dieser Zwi-

schenräume 123 ist dabei so gering bemessen, dass die Strömungsgeschwindigkeit der Kühlflüssigkeit beträchtlich erhöht wird; somit werden ringförmige Wasserstrahlen gebildet, die auf die Unterseite der Reflektorfläche 104 auftreffen und so den erwünschten Staudruck-Kühlungseffekt hervorrufen, wie es schon vorher erwähnt worden ist. Insbesondere werden dabei die Berührungspunkte der Stäbe 110 mit der Unterseite der Reflektorfläche 104 intensiv gekühlt.

Die Anzahl der Stäbe 110 und damit die Anzahl der parallel verlaufenden Zweigen von Kühlflüssigkeit und schliesslich auch die Anzahl von Stellen, bei welchem die Kühlflüssigkeit auf die Reflektorfläche 104 auftrifft, kann gleich sein wie es im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel gemäss Figuren 1 bis 4 beschrieben worden ist.

Ausführungsbeispiel gemäss Figur 7

In der Figur 7 ist ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, welches ebenfalls zur Kühlung eines Spiegels dient. Ein starrer Grundkörper 202 trägt eine dünne Reflektionsfläche 204 und zwar mit Hilfe einer Mehrzahl von im Abstand voneinander angeordneten, parallelen Tragelementen 210. Wie schon vorstehend beschrieben, ist dabei die Anordnung so getroffen, dass eine thermisch bedingte Deformation der Reflektorfläche weitgehend vermindert bzw. verhindert wird. Bei dieser dritten Ausführungsform bestehen die Tragelemente 210 aus im Querschnitt quadratischen Stäben, die einstückig an den Grundkörper 202

angeformt sind. Die Anordnung dieser Stäbe erfolgt entlang von Linien innerhalb einer rechtwinkligen Matrix. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die parallel verlaufenden Kanäle, durch welche die Kühlflüssigkeit (z.B. Wasser) zirkuliert, um auf die Unterseite der Reflektorfläche 204 aufzutreffen, nicht durch die Stäbe 210 festgelegt ist, sondern durch Einlass- und Auslassöffnungen, die sich durch den Grundkörper zwischen diesen Stäben erstrecken.

Im einzelnen umfasst der in Figur 7 dargestellte, gekühlte Spiegel ein Einlassrohr 218, welches zu einem Einlasskanal 219 führt, der entlang einer ersten Achse innerhalb des Grundkörpers ausgebildet ist. Dieser Einlasskanal mündet in eine Mehrzahl von Zweigen bzw. Abzweigungen 221, die entlang der Länge desselben angeordnet sind und rechtwinklig dazu verlaufen. Eine jede dieser Abzweigungen 221 führt zu einer Anordnung von Einlassöffnungen 223, die durch den Grundkörper hindurchführen und in der Mitte zwischen Tragstäben 220 münden.

Der Grundkörper umfasst ferner ein Auslassrohr 228 zur Ableitung der Kühlflüssigkeit, welches mit einem Auslasskanal 229 kommuniziert. Letzterer ist ebenso mit einer Mehrzahl von Zweigen bzw. Abzweigungen 231 versehen, die entlang dessen Länge und rechtwinklig dazu verlaufend vorgesehen sind. Jeder dieser Auslasszweige führt zu einer Linie von Auslassöffnungen 233, die sich durch den Grundkörper hindurch erstrecken, und zwar zwischen jeder zweiten Reihe von Stäben 210. Wie insbesondere aus Figur 7 zu entnehmen ist, befinden sich der Auslasskanal 229, dessen Abzweigungen 231

sowie die Auslassöffnungen 233 innerhalb des Grundkörpers 202 auf einem tieferen Niveau als der Einlasskanal 219 mit seinen Abzweigungen 221 und seinen Einlassöffnungen 223.

Bei der vorstehend beschriebenen Ausführungsform, wie in Figur 7 dargestellt, fliesst die Kühlflüssigkeit durch das Einlassrohr 218, dann durch den Einlasskanal 219 zu der Mehrzahl von Abzweigungen 220 und schliesslich durch die Öffnungen 223, wobei der Kühlmittelfluss parallel erfolgt. Die letztgenannten Öffnungen besitzen einen dermassen kleinen Querschnitt, dass die Geschwindigkeit der Kühlflüssigkeit beim Austritt aus den Öffnungen so stark erhöht wird, dass Flüssigkeitsstrahlen gebildet werden, die auf die Unterseite der Reflektorfläche 204 auftreffen. Danach gelangt die Kühlflüssigkeit durch die Öffnungen 233 und durch die Kanäle 231 zum Auslass-Sammelkanal 229 und wird durch das Auslassrohr 228 abgezogen.

Die vorliegende Erfindung wurde vorstehend anhand von drei Ausführungsbeispielen erläutert. Es versteht sich, dass im Rahmen der Erfindung zahlreiche weitere Variationen, Änderungen und Anwendungen möglich sind.

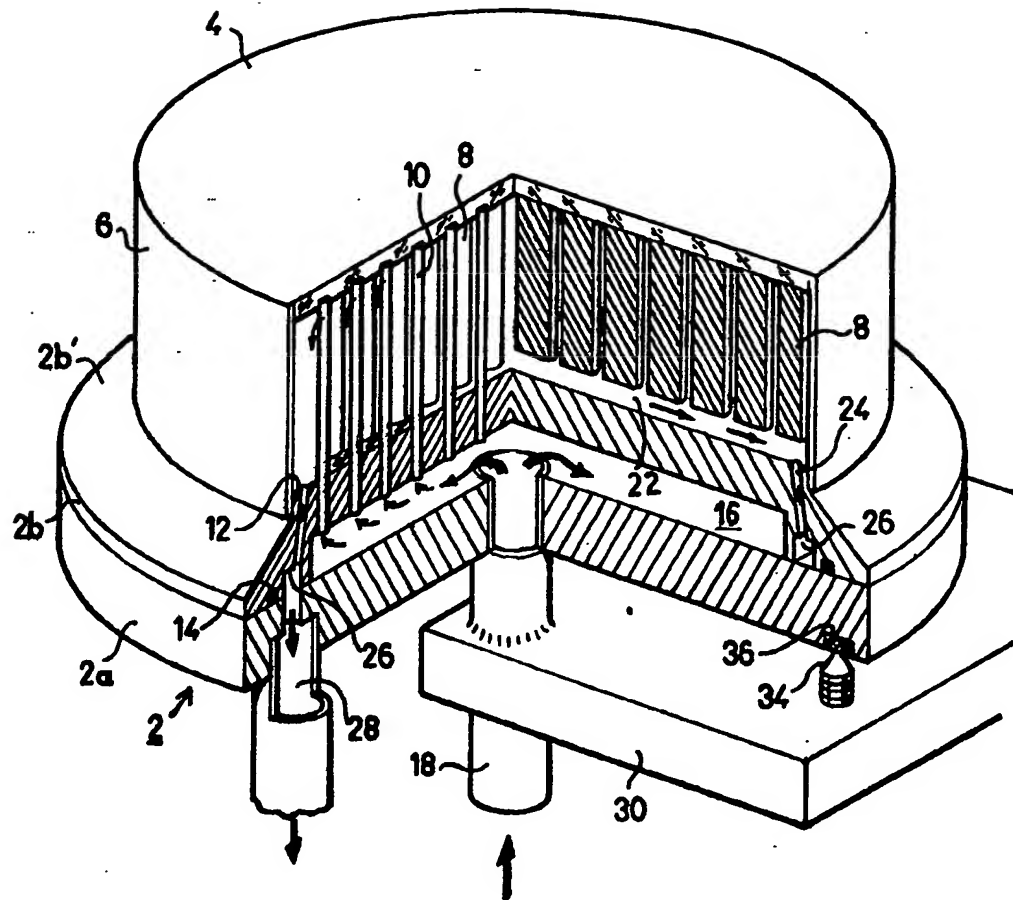


FIG.1

FIG 2

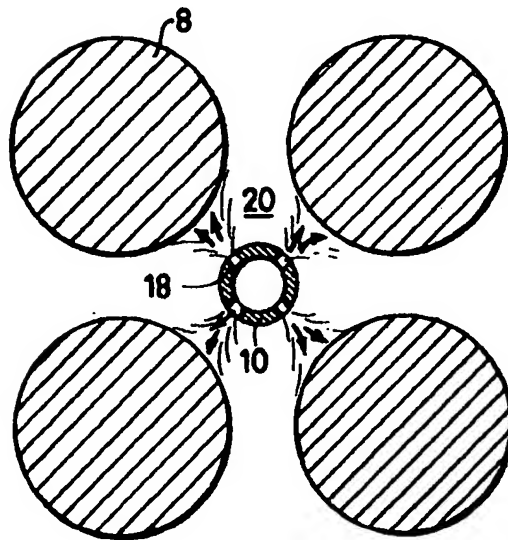
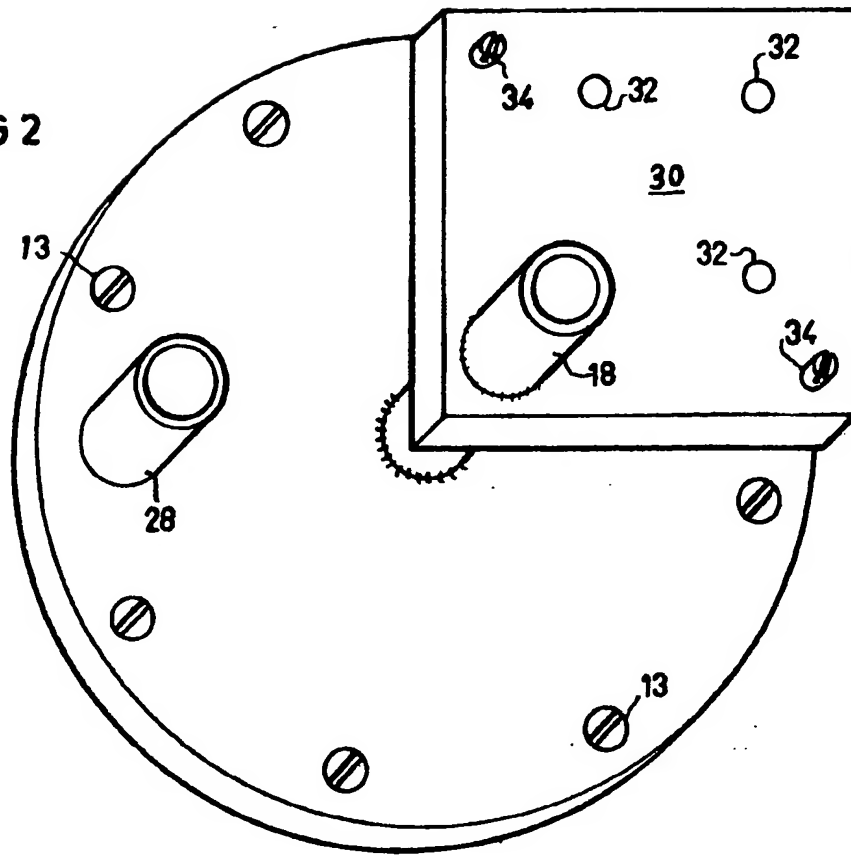
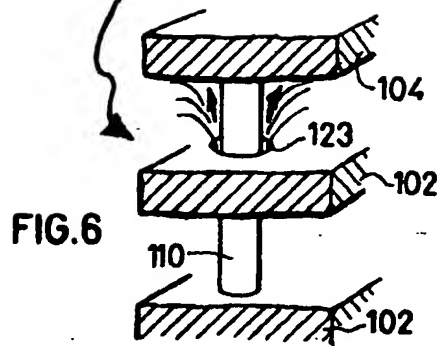
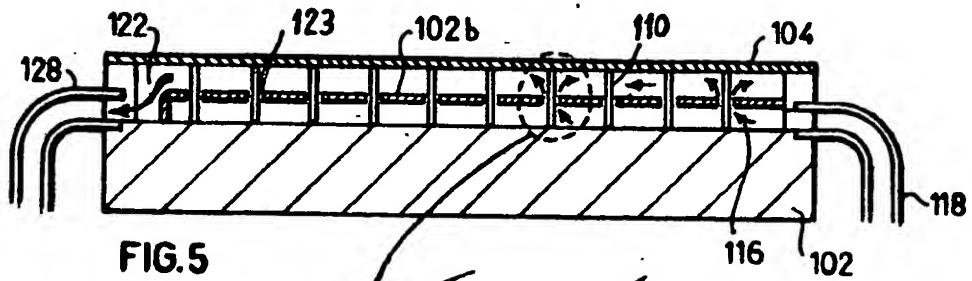
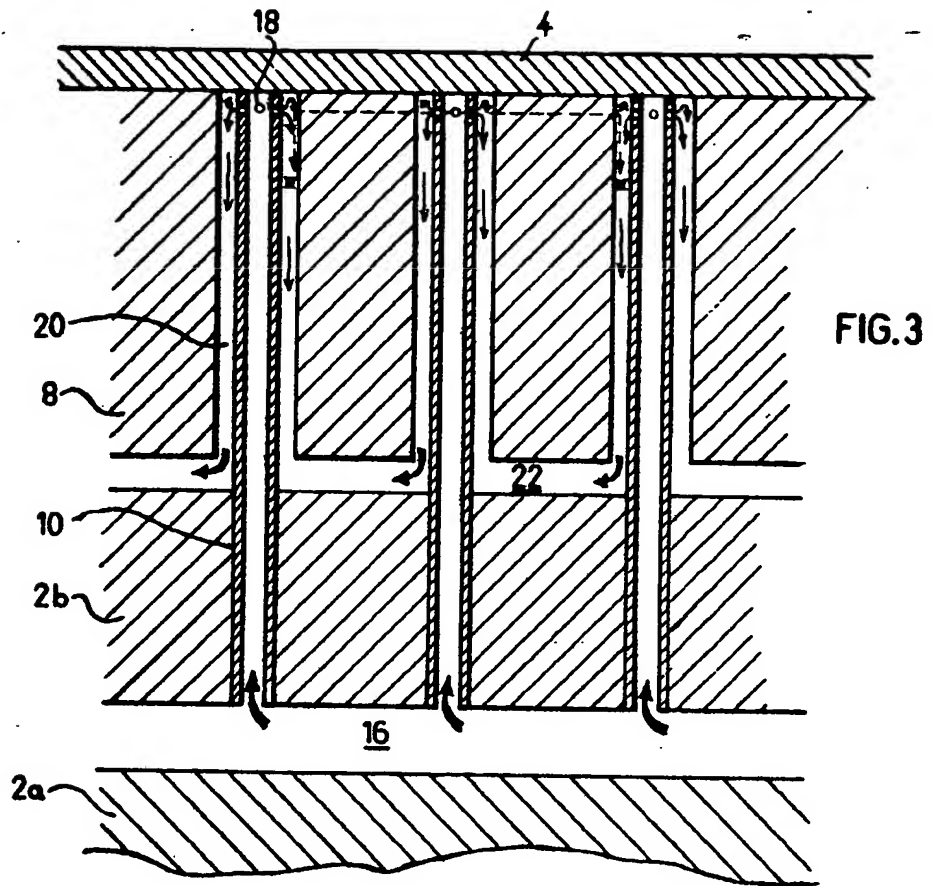
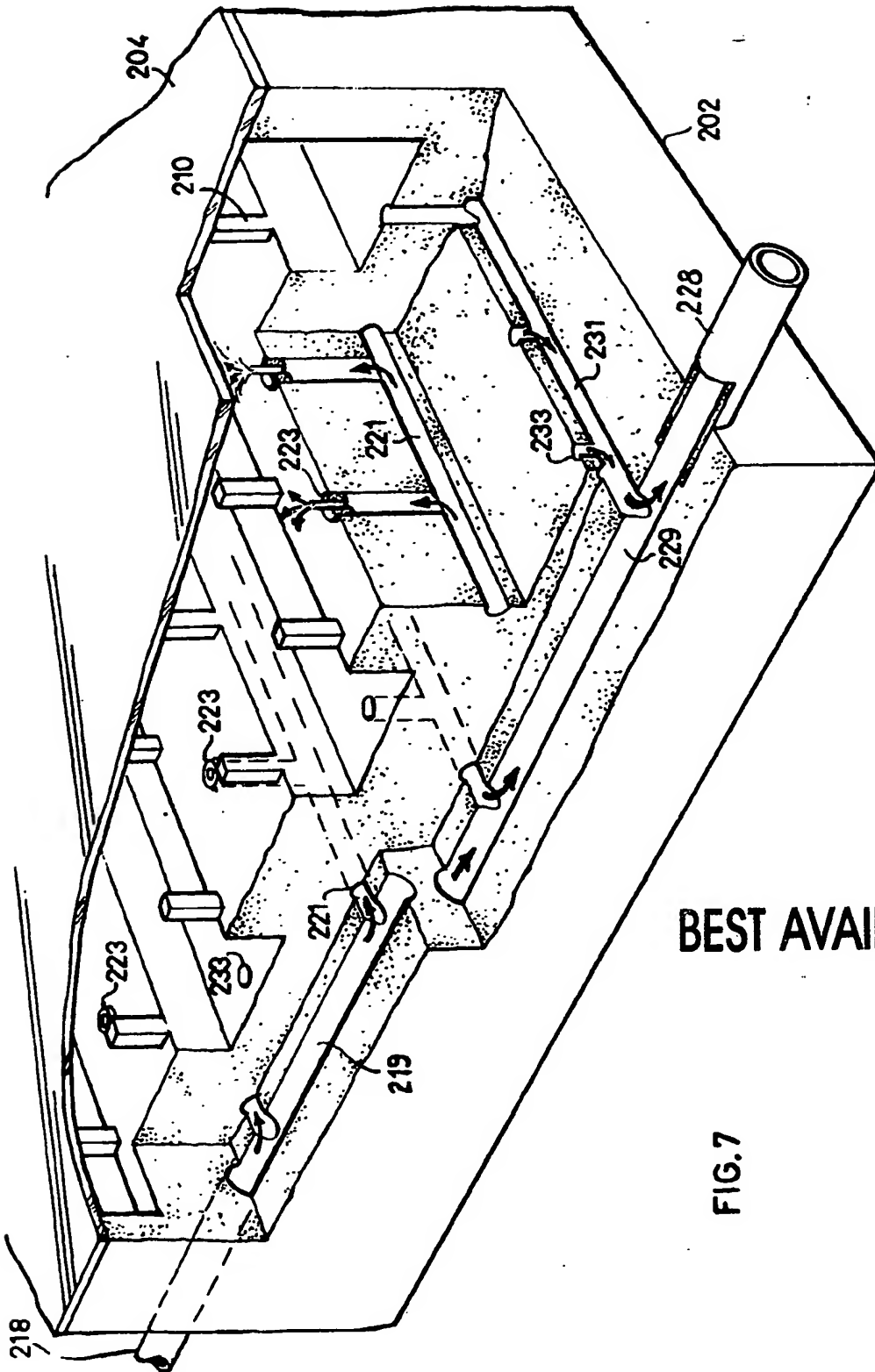


FIG 4





BEST AVAILABLE COPY

FIG. 7